

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
10 mars 2005 (10.03.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/022566 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
**H01F 41/00**, H03H 7/01, 7/32, H01Q 1/36, 21/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/001873

(22) Date de dépôt international : 16 juillet 2004 (16.07.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/09212 28 juillet 2003 (28.07.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BERNSTEIN, Pierre-Ernest** [FR/FR]; 2, rue de l'Eglise, F-14480 Villiers-Le-Sec (FR). **HAMET, Jean-François**,

**Maurice** [FR/FR]; 15, rue du Parc, F-14610 Anguerny (FR). **TOUITOU, Nabil** [FR/FR]; 32, rue de la Plaine, F-38610 Gières (FR).

(74) Mandataires : **PONTET, Bernard** etc.; Pontet Allano & Associés SELARL, 25, rue Jean Rostand, Parc Club Orsay Université, F-91893 Orsay Cedex (FR).

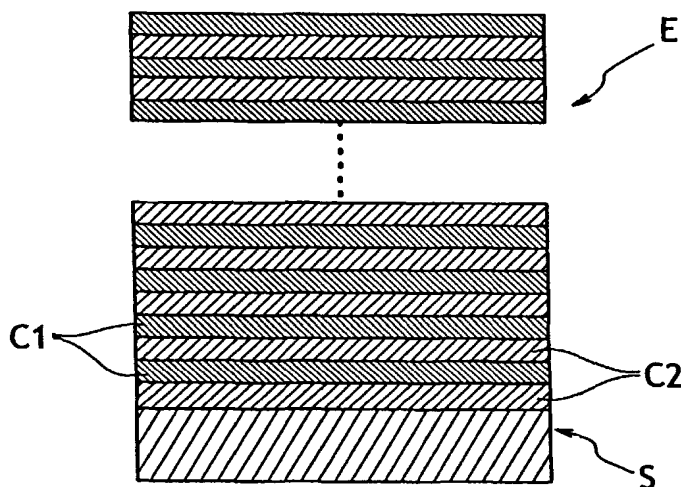
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF SUPERCONDUCTING INDUCTIVE COMPONENTS COMPRISING THIN LAYERS, AND DEVICES CONTAINING SUCH COMPONENTS

(54) Titre : « PROCÉDE ET SYSTEME DE REALISATION DE COMPOSANTS INDUCTIFS SUPRACONDUCTEURS EN COUCHES MINCES, ET DISPOSITIFS INCLUANT DE TELS COMPOSANTS



(57) Abstract: The invention relates to a method of producing a superconducting inductive component in the form of one or more line segments comprising a stack of alternate superconducting and insulating films. The invention also relates to the system which is used to implement said method, comprising: means for depositing a superconducting film, means for depositing a stack of alternate superconducting and insulating films, and means for etching all of the deposited films, said means being arranged such that the latter only occurs at the locations where an inductive component is to be implanted.

(57) Abrégé : Procédé pour réaliser un composant inductif supraconducteur, sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants. Système pour la mise en oeuvre de ce procédé, comprenant : des moyens pour déposer un film

supraconducteur, des moyens pour déposer un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, et des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

WO 2005/022566 A1



**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

« Procédé et système de réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces, et dispositifs incluant de tels composants »

5        La présente invention concerne un procédé pour réaliser des composants inductifs supraconducteurs en couches minces. Elle vise également un système de réalisation mettant en œuvre ce procédé, ainsi que des dispositifs incluant de tels composants.

10       Cette invention s'inscrit dans le domaine des composants électriques et électroniques supraconducteurs pour les secteurs des télécommunications et de l'énergie électrique.

15       La réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces est généralement effectuée par dépôt d'un film supraconducteur, généralement par des méthodes de vide telles que la pulvérisation cathodique ou l'ablation laser pulsée, puis la définition par photo lithogravure de une ou plusieurs  
20       spires. Dans cette technique la dimension du dispositif croît avec la valeur de son inductance.

25       Un exemple pratique de réalisation consiste en une bobine comportant 5 spires dont le diamètre extérieur est de 15mm, avec des pistes de 0,4mm de largeur espacées de 0,3mm présentant une inductance de 2,12 $\mu$ H, qui est décrite dans le mémoire de thèse soutenu par Jean-Christophe Ginefri le 16 décembre 1999 à l'Université de Paris XI et intitulé « Antenne de surface supraconductrice miniature pour l'imagerie RMN à 1,5 Tesla ».

30       La technique décrite ci-dessus présente deux inconvénients principaux :

- la surface occupée par chaque composant inductif est importante. Par exemple, le composant décrit au paragraphe précédent occupe une surface de plus de 700mm<sup>2</sup> :

- si le composant est intégré dans un circuit, il est souvent nécessaire de raccorder l'extrémité de la spire intérieure à une ligne supraconductrice. Ceci implique un processus complexe comportant après le dépôt et la gravure des spires :

- a) le dépôt et la gravure d'un film isolant,
- 10 b) le dépôt et la gravure sur cet isolant d'un deuxième film supraconducteur présentant des propriétés similaires à celles du premier film. Cette dernière étape est particulièrement délicate car il est nécessaire de réaliser une reprise d'épitaxie, technique
- 15 qui est difficilement maîtrisable. Il existe d'autres procédés permettant de déposer une bobine en couches minces, mais ils présentent des difficultés de réalisation identiques à celles décrites ici.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux que les procédés actuels.

Cet objectif est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur sous la forme de un ou plusieurs segments de ligne d'une surface de l'ordre de quelques centaines de microns carrés constitués d'un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants.

Au moins un de ces segments de ligne intègre alors au moins une partie constituant une des bornes du composant.

30 Ce procédé permet en particulier de réaliser un composant inductif supraconducteur présentant au moins deux bornes, ce composant comprenant au moins un segment de ligne intégrant au moins une borne du composant, ce

segment de ligne constituant une couche conductrice ou supraconductrice au sein d'au moins un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants.

On peut ainsi accéder à des processus de fabrication automatisables et collectifs mettant en œuvre des techniques connues et largement répandues de dépôt de couches minces et de gravure, ce qui contribue à une réduction sensible des coûts de fabrication.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, chaque film constituant l'empilement est parfaitement cristallisé. Le dispositif est dimensionné de façon à ce que dans les conditions de travail il se trouve dans l'état Meissner, c'est à dire l'état dans lequel il ne présente pas de dissipation mesurable en courant continu.

Le dispositif proposé peut être réalisé à partir de tout couple de matériaux permettant de réaliser un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants en dessous d'une température appelée température critique. Plusieurs processus peuvent être envisagés pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant l'invention.

Un premier processus de fabrication comprend les étapes suivantes :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 3) gravure de l'ensemble des films déposés, par exemple sous la forme d'une gravure simultanée de l'empilement et du film supraconducteur,
- 4) gravure sélective de l'empilement, réalisée de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux

emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

Un second processus de fabrication peut aussi être mis en œuvre avec les étapes suivantes :

- 5           1) dépôt d'un film supraconducteur  
          2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants  
          3) gravure sélective de l'empilement, réalisée de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux  
10          emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

- 4) gravure du reste du circuit

Un troisième processus possible comprend les étapes suivantes :

- 15          1) dépôt d'un film supraconducteur  
          2) gravure du film supraconducteur  
          3) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants  
          4) gravure sélective de l'empilement, réalisée de  
20          façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

Un quatrième processus possible comprend les étapes suivantes :

- 25          1) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants  
          2) gravure sélective de l'empilement, réalisée de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant  
30          inductif.  
          3) raccordement des composants inductifs ainsi réalisés au reste du circuit par des connections supraconductrices ou non.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films  
5 alternativement supraconducteurs et isolants, mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

Dans une forme particulière de l'invention, ce système de réalisation comprend :

- des moyens pour déposer un film supraconducteur sur un  
10 substrat,
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, et
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés ,  
15 ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif d'antenne comprenant un circuit  
20 électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

Toujours dans le cadre de la présente invention, il est proposé un dispositif de ligne à retard comportant un composant inductif en série et un composant capacitif en  
25 parallèle en aval dudit composant inductif, caractérisé en ce que le composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

Des lignes à retard selon l'invention peuvent être mises en œuvre dans un dispositif radar à décalage de  
30 phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon l'invention, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet un

signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.

Egalement dans le cadre de la présente invention, il est proposé un dispositif de filtrage électronique de  
5 fréquence comprenant un circuit électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

Il peut s'agir par exemple d'un filtre passe-haut comportant en parallèle un composant inductif et en série  
10 un composant capacitif en aval dudit composant inductif, où ce composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

Il peut également s'agir d'un filtre passe-bas comportant en parallèle un composant capacitif et en série  
15 un composant inductif en aval dudit composant capacitif, où ce composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un  
20 mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un empilement E de couches C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> déposées sur un substrat ;

- la figure 2A est une vue de dessus d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif  
25 constitué de films alternativement supraconducteurs C<sub>1</sub> et isolants C<sub>2</sub>;

- la figure 2B est une vue en coupe d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif E  
30 constitué de films alternativement supraconducteurs C<sub>1</sub> et isolants C<sub>2</sub>;

- la figure 3A est une photographie du motif utilisé pour les tests montrant l'emplacement des entrées de



courant I1 et I2, les plots de mesure V1 et V2 de la différence de potentiel aux bornes du pont ainsi que l'emplacement de celui-ci ;

- la figure 3B représente le masque de photolithogravure utilisé pour réaliser le motif de test de la figure 3A ;

- la figure 4 est un schéma du dispositif de mesure utilisé pour caractériser un composant inductif supraconducteur selon l'invention ;

10 - la figure 5 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 (traits pleins) lorsque un courant en dents de scie à la fréquence de 1000Hz (pointillés) circule dans l'échantillon ;

- la figure 6 représente une comparaison des différences de potentiel mesurées entre les plots V1 et V2 lorsque deux courants en dents de scie de même amplitude  $I_{max} = 10$  microampères mais de fréquences différentes circulent dans l'échantillon ;

20 - la figure 7 illustre une ligne de retard implémentant un composant inductif supraconducteur selon l'invention ; et

- la figure 8 est un schéma de principe d'une antenne à décalage de phase ;

25 - la figure 9 est un schéma de principe d'un filtre passe-haut ;

- la figure 10 est un schéma de principe d'un filtre passe-bas.

Le principe mis en œuvre dans le procédé de réalisation selon l'invention réside en un empilement E de films minces alternativement supraconducteurs C1 et isolants C2 déposés sur un substrat S, en référence à la figure 1, ou bien sur une ligne supraconductrice LS. Il est déterminant que les films C2 soient rigoureusement

isolants et que des défauts de croissance ne mettent pas deux films supraconducteurs voisins en contact.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, le premier film déposé pour réaliser  
5 l'empilement E est isolant comme indiqué sur la figure 1.

L'intégration de composants inductifs dans un circuit supraconducteur peut être effectuée de la façon indiquée sur les figures 2A et 2B en utilisant les techniques de dépôt de films minces bien connues de l'homme de l'art,  
10 par exemple l'ablation laser, la pulvérisation cathodique radio-fréquence, l'évaporation sous vide, le dépôt chimique en phase vapeur et de manière générale toute technique de dépôt permettant l'obtention de couches minces.

15 Il est à noter que dans cette version particulière du procédé selon l'invention correspondant aux figures 2A et 2B, un film supraconducteur L1 déposé sur un substrat S, une fois gravé, constitue une ligne supraconductrice LS sur laquelle sera placé l'empilement inductif E.

20 Dans un exemple particulier de réalisation selon l'invention fourni à titre non limitatif, les matériaux choisis sont les composés  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  pour les films supraconducteurs et  $\text{LaAlO}_3$  pour les films isolants. Les épaisseurs sont de 10nm ( $10^{-8}\text{m}$ ) pour les films  
25 supraconducteurs et de 4nm ( $4 \cdot 10^{-9}\text{m}$ ) pour les films isolants. 14 paires de films ont été déposées.

Après dépôt, les films ont été gravés de façon à obtenir le motif représenté sur la figure 3A dans laquelle on distingue les contacts métallisés I1, I2 qui permettent  
30 d'amener le courant dans l'échantillon et ceux qui permettent de mesurer les tensions V1 et V2 aux bornes de l'élément central, appelé pont, du motif. A titre

indicatif et non limitatif, la taille du pont est de  $10\mu\text{m}$  x  $20\mu\text{m}$ .

Le dispositif de mesure utilisé pour caractériser les échantillons de composants inductifs supraconducteurs selon l'invention, représenté en figure 4, comporte un générateur GBF créant un courant variable dans le temps  $I(t)$  qui traverse la résistance  $R$  et l'échantillon Ech via les contacts I1 et I2. La différence de potentiel aux bornes de la résistance  $R$  est amplifiée par un amplificateur différentiel AI et envoyée sur une entrée YI de l'oscilloscope Osc. Elle permet de connaître l'intensité  $I(t)$  du courant traversant l'échantillon. La différence de potentiel aux bornes de l'échantillon est prélevée en V1 et V2, amplifiée par l'amplificateur Av et envoyée sur l'entrée Yv de l'oscilloscope Osc.

La figure 5 montre les signaux recueillis en YI et Yv lorsque l'échantillon est à une température de 37K. Dans le cas présent, l'échantillon était placé dans un cryostat à hélium liquide, mais tout procédé permettant d'obtenir une température inférieure à la température critique de l'échantillon étudié convient.

Le générateur délivre un courant en dents de scie à la fréquence de 1000Hz. On a directement reporté la valeur du courant  $I(t)$ . On observe que la différence de potentiel  $V(t)$  entre V1 et V2 présente la forme de créneaux, ce qui indique que  $V(t)$  est proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de  $I(t)$ . Cette caractéristique indique que l'échantillon se comporte bien comme un composant inductif. On a reporté sur la figure 6 les signaux  $V(t)$  mesurés à 700 Hz et 2kHz pour une valeur du courant crête égale à 10  $\mu\text{A}$  dans les deux cas. Dans cette figure, le trait plein correspond à la tension relevée pour un

courant à la fréquence  $F=700\text{Hz}$  et le trait pointillé à celle relevée pour un courant à la fréquence  $F=2000\text{Hz}$ .

On observe que le rapport de l'amplitude des signaux obtenus est dans le rapport des fréquences appliquées, ce  
5 qui là aussi est typique d'un composant inductif.

Des résultats présentés sur la figure 6, on déduit que l'inductance du composant réalisé selon l'invention est égale à  $535\text{ }\mu\text{H} \pm 10\mu\text{H}$ . Les composants testés n'ont pas  
10 tous présenté une inductance aussi élevée mais des valeurs de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{H}$  ont été couramment obtenues avec des composants de forme identique à celui présenté ici.

15 Les composants inductifs supraconducteurs obtenus par le procédé selon l'invention peuvent trouver des applications dans les domaines de l'électronique ou de l'électrotechnique, des antennes et des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour l'imagerie  
20 médicale, ou les radars et l'électronique de défense.

Dans un premier exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont implémentés dans des systèmes d'antennes. Ainsi, dans un certain nombre de cas, par exemple en imagerie médicale par résonance magnétique  
25 (IRM) de surface, on utilise des antennes accordées. Un paramètre important intervenant dans l'efficacité de l'antenne est le coefficient de surtension qui est proportionnel à son inductance. Une antenne supraconductrice permet de faire croître ce coefficient  
30 car sa résistance ohmique est très faible. On peut penser obtenir un nouvel accroissement du coefficient de surtension en incluant dans le circuit d'antenne un dispositif du type de ceux décrits ici

Un cas particulièrement favorable sera celui où l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

Dans un autre exemple d'application, des composants  
5 inductifs supraconducteurs sont mis en œuvre dans des lignes à retard. Les lignes à retard sont d'usage courant dans tous les domaines de l'électronique. La forme la plus simple que peut prendre une ligne à retard est représentée sur la figure 7.

10 La présence dans le circuit de l'inductance  $L$  et du condensateur  $C$  provoque une différence de phase entre la tension  $V$  et le courant  $I$ . Un exemple d'utilisation est celui des radars à décalage de phase qui permettent d'explorer l'espace environnant avec un système d'antennes  
15 fixes. Un schéma de principe pour un tel système est reporté sur la figure 8. Dans ce dispositif la ligne principale portant le courant  $I$  est couplée aux différentes antennes. Chacune de celles-ci comporte dans son circuit une ligne à retard. Il en résulte que chaque antenne émet  
20 un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines. En faisant varier ce décalage de phase on change la direction du rayonnement émis. En électronique de défense, on étudie depuis longtemps l'introduction de composants supraconducteurs dans les  
25 circuits électroniques, en particulier pour les radars et plus généralement les contre-mesures. La présence de composants à forte inductance, de petites dimensions et dont la fabrication utilise des processus similaires à ceux employés pour le reste du circuit serait une  
30 innovation importante dans ce domaine.

De tels composants inductifs performants et facilement intégrables peuvent également être utilisés de façon générique dans la plupart des applications générales

de l'électronique, en particulier pour réaliser des fonctions de filtrage de tous types, par exemple passe-haut, passe-bas ou passe-bande. Il est alors possible de réaliser des filtres très intégrés et/ou miniaturisés.

5 L'utilisation d'un composant selon l'invention permet en effet d'intégrer une inductance de valeur importante dans un circuit de faible encombrement

Ainsi qu'illustré en figures 9 et 10 pour des filtres passe-haut et passe-bas, il est alors possible de filtrer  
10 une tension d'entrée  $V_{in}$  pour obtenir une tension de sortie  $V_{out}$ , en utilisant une inductance  $L$ . Ainsi qu'illustré dans cet exemple, l'utilisation de composants inductifs selon l'invention permet de réaliser dans des circuits intégrés des filtres ne comportant que des  
15 condensateurs et des inductances, qui sont peu dissipatifs par rapport à des filtres construits avec des condensateurs et des résistances.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements  
20 peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, le nombre de films respectivement isolants et supraconducteurs n'est pas limité aux exemples décrits. Par ailleurs, les dimensions des composants inductifs supraconducteurs ainsi que leurs  
25 surfaces peuvent évoluer en fonction des applications spécifiques de ces composants. De plus, les films respectivement supraconducteurs et isolants peuvent être réalisés à partir d'autres composés que ceux proposés dans l'exemple décrit, pourvu que ces composés satisfassent aux  
30 conditions physiques requises pour les applications.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour réaliser un composant inductif supraconducteur présentant au moins deux bornes, ce  
5 composant comprenant au moins un segment de ligne intégrant au moins une borne du composant, ce segment de ligne constituant une couche conductrice ou supraconductrice au sein d'un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2).
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque film constituant l'empilement (E) est parfaitement cristallisé.
- 15 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable de dépôt d'un film isolant (C2) sur un substrat (S).
- 20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable de dépôt d'un film supraconducteur (C1) sur un substrat (S).
- 25 5. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable de dépôt d'un film supraconducteur (L1) sur un substrat (S) suivi du dépôt de l'empilement (E).
- 30 6. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :  
- un dépôt de l'empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2),

- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

5 7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

10 - une gravure du film supraconducteur (L1).

8. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

15 - une gravure simultanée de l'empilement (E) et du film supraconducteur (L1)

- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

20 9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un des films supraconducteurs (C1) est réalisé à partir de composés  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ .

25 10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un des films isolants (C2) est réalisé à partir de composés  $\text{LaAlO}_3$ .

30 11. Système pour réaliser un composant inductif supraconducteur présentant au moins deux bornes, ce composant comprenant au moins un segment de ligne intégrant au moins une borne du composant, ce segment de ligne constituant une couche conductrice ou



supraconductrice au sein d'un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2), mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.

5

12. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend:

- des moyens pour déposer un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs et isolants, et
- 10 - des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister lesdits films déposés qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

15 13. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend:

- des moyens pour déposer un film supraconducteur (L1) sur un substrat (S),
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur (L1)
- 20 un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs et isolants, et
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister le film (L1) qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter
- 25 une ligne supraconductrice et l'empilement (E) qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

14. Dispositif d'antenne comprenant un circuit

30 électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

15. Dispositif d'antenne selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'antenne est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

5 16. Dispositif de ligne à retard comportant en série un composant inductif et en parallèle un composant capacitif en aval dudit composant inductif, caractérisé en ce que le composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des  
10 revendications 1 à 10.

17. Dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon la  
15 revendication 16, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.

20 18. Dispositif de filtrage électronique de fréquence comprenant un circuit électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

25 19. Dispositif de filtre passe-haut comportant en parallèle un composant inductif et en série un composant capacitif en aval dudit composant inductif, caractérisé en ce que le composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des  
30 revendications 1 à 10.

20. Dispositif de filtre passe-bas comportant en parallèle un composant capacitif et en série un composant inductif

en aval dudit composant capacitif, caractérisé en ce que le composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

1 / 6

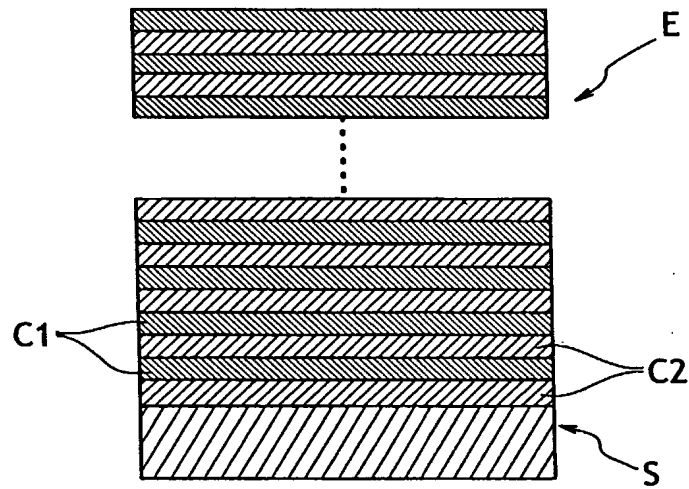


FIG.1

Empilement E de films  
alternativement supraconducteurs  
et isolants

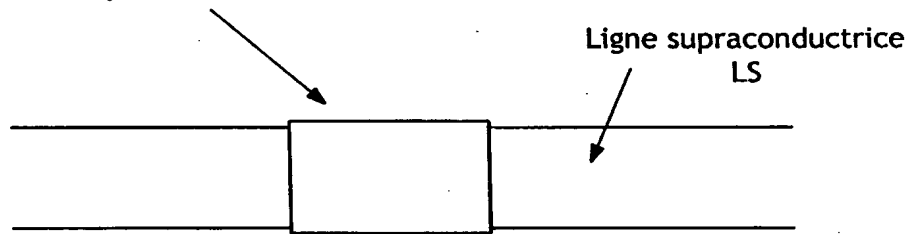


FIG.2a

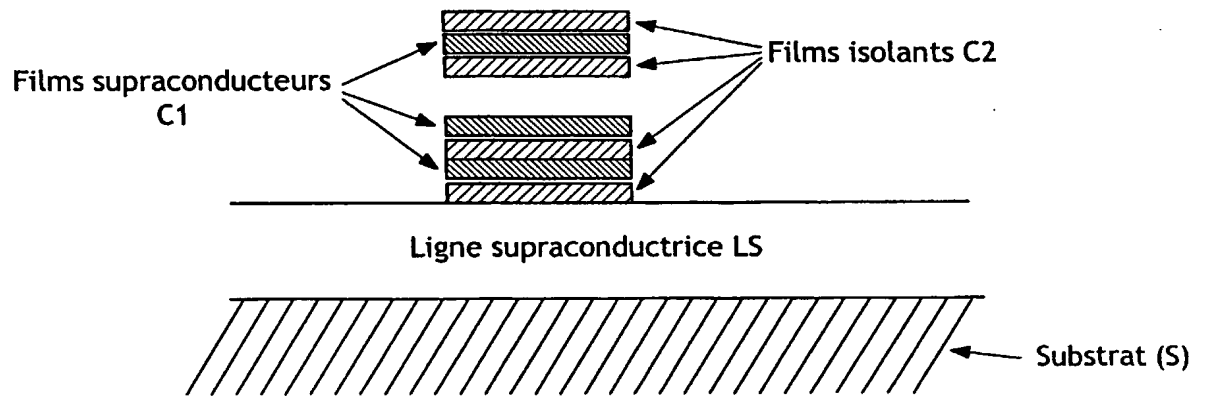


FIG.2b

2 / 6

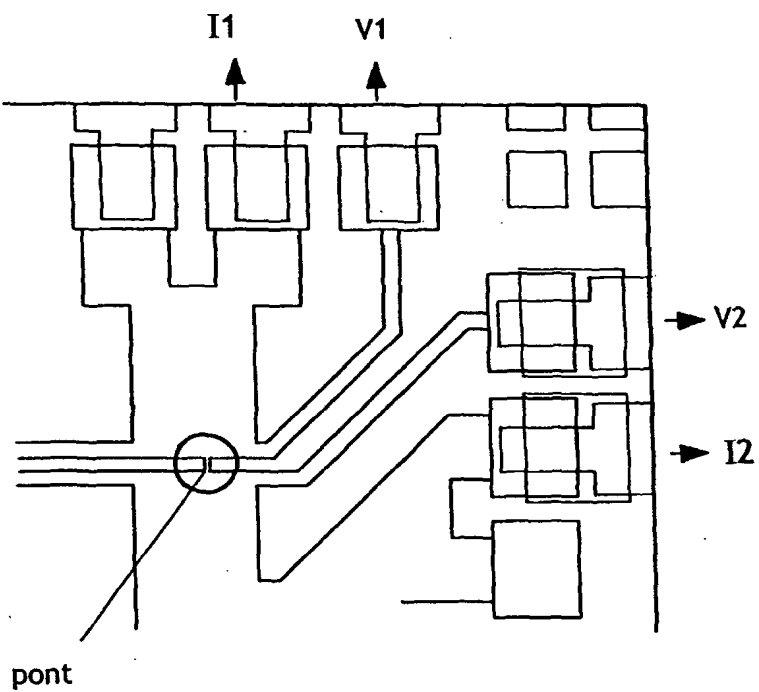


FIG.3a

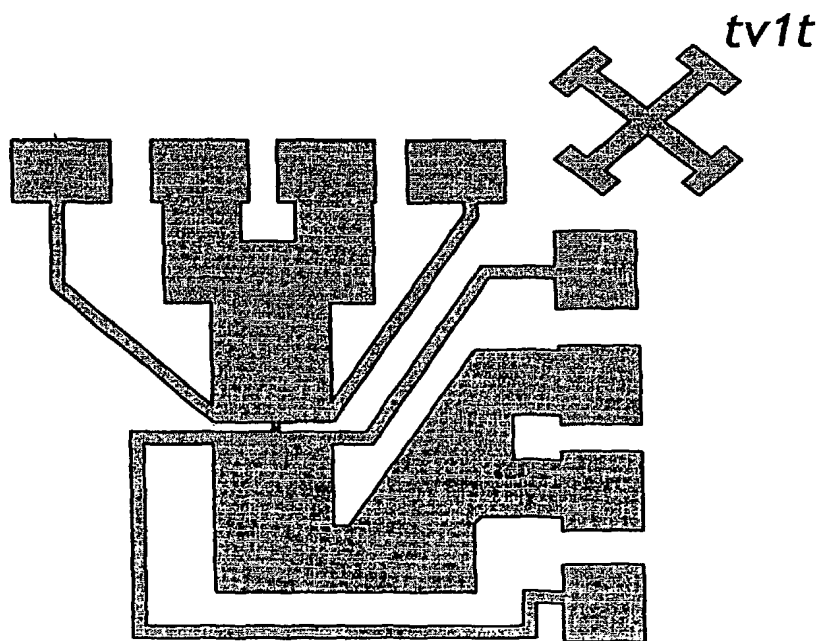
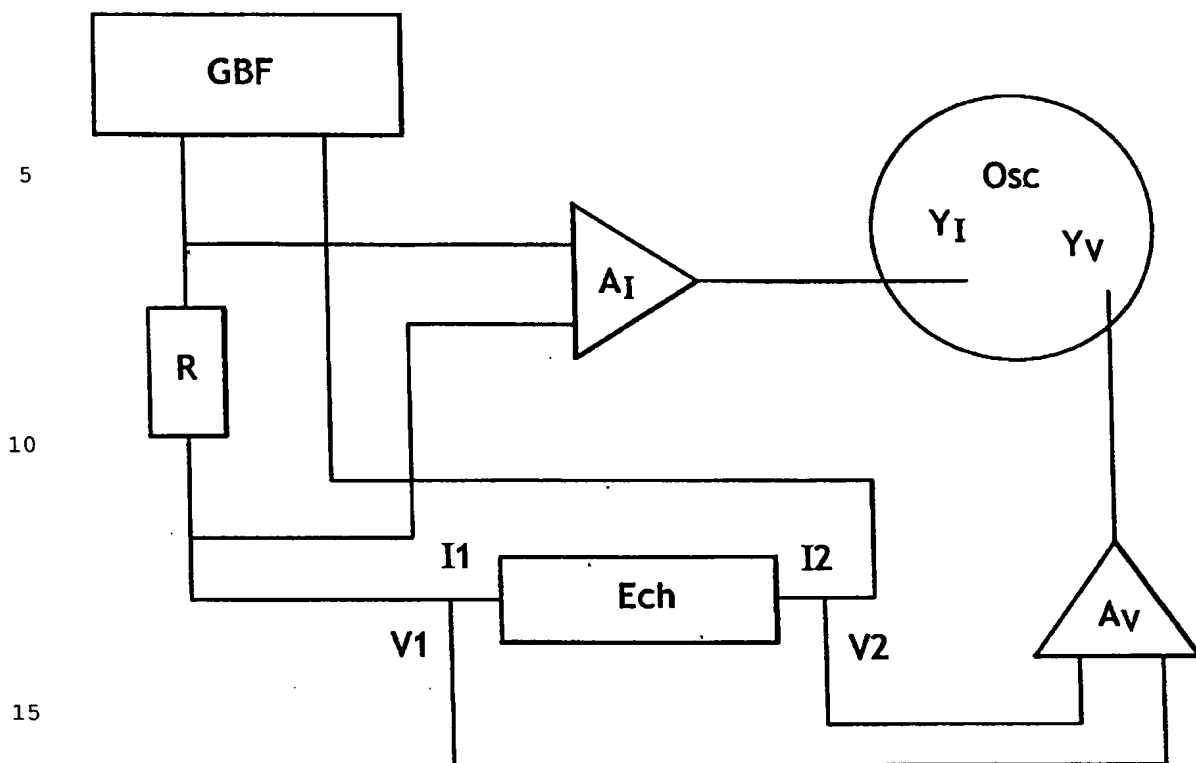
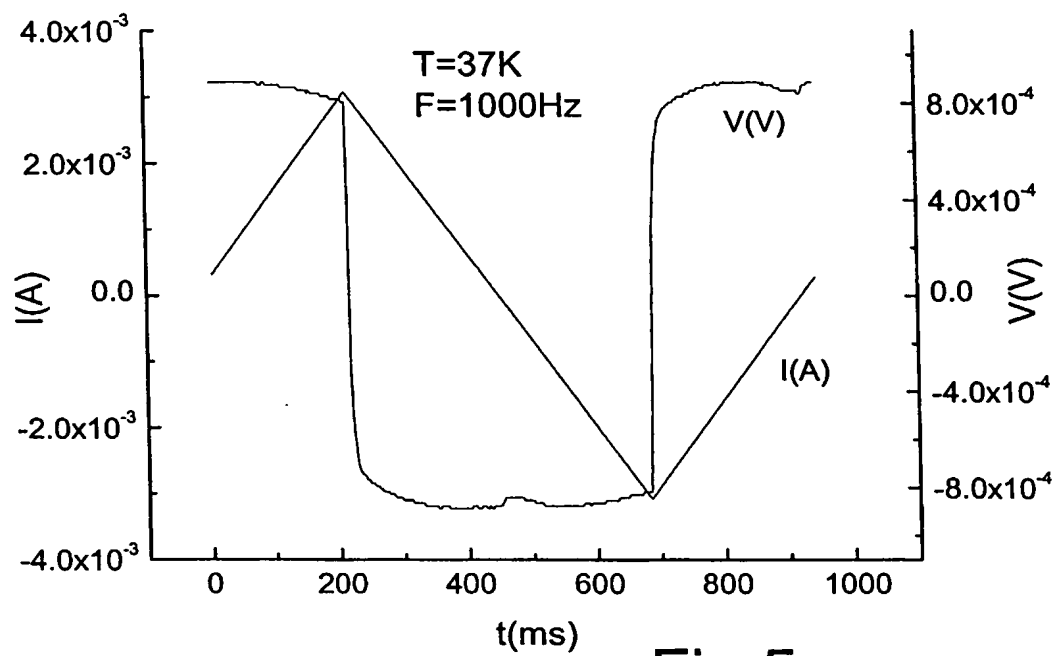
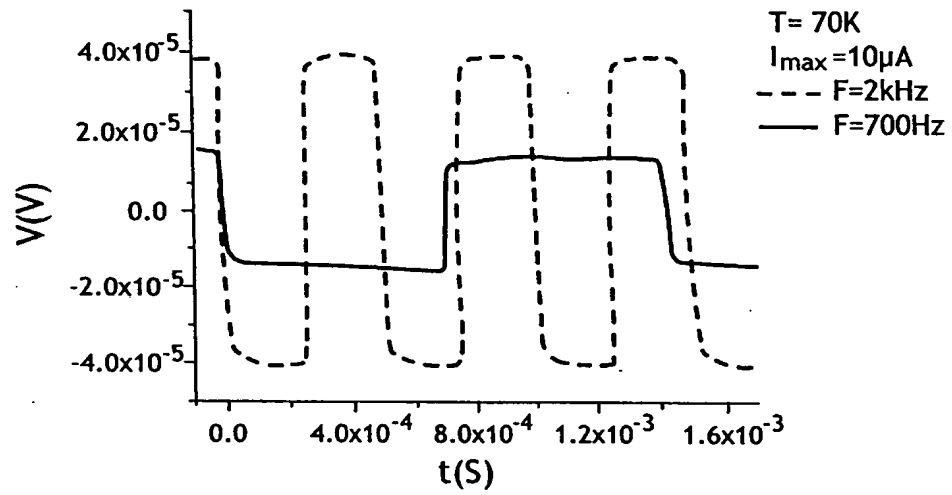
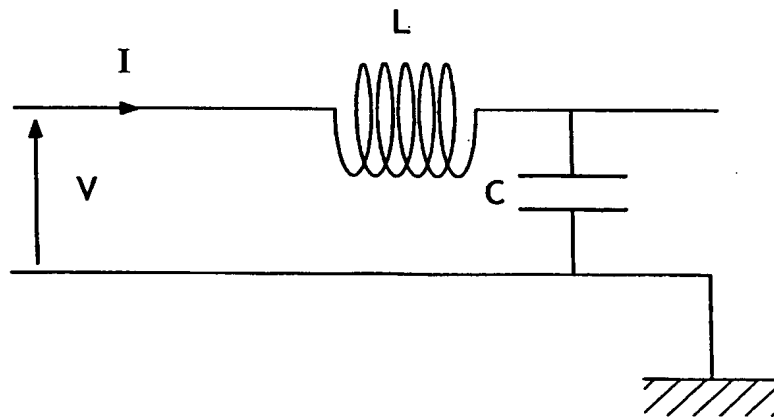


FIG.3b

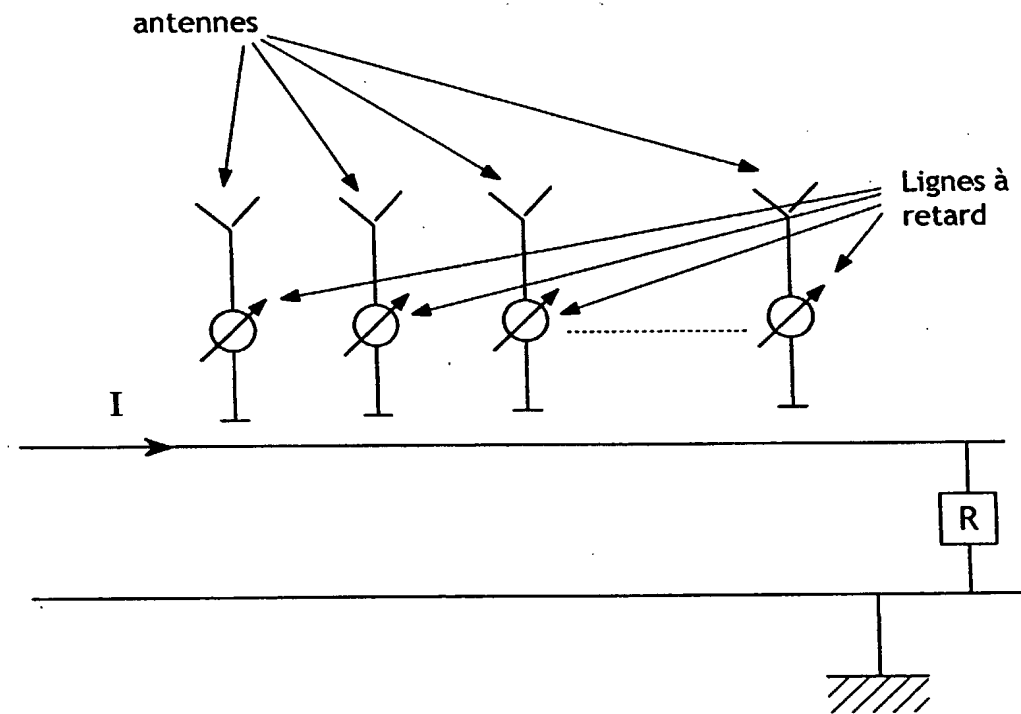
3/6

Fig.4Fig.5

4 / 6

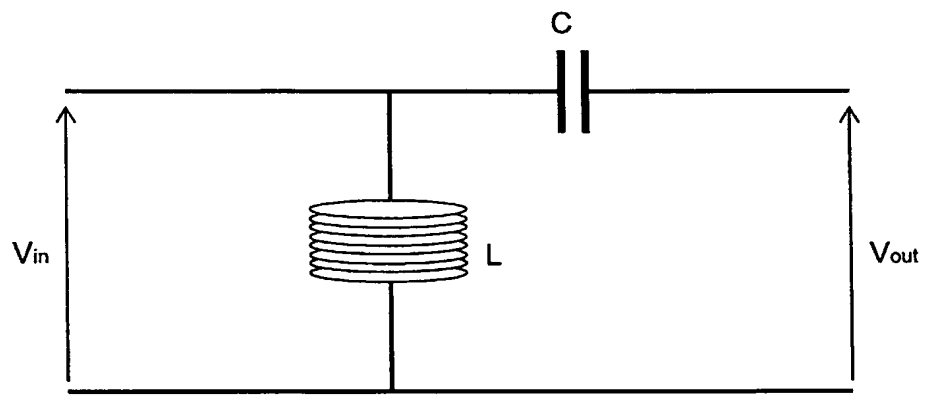
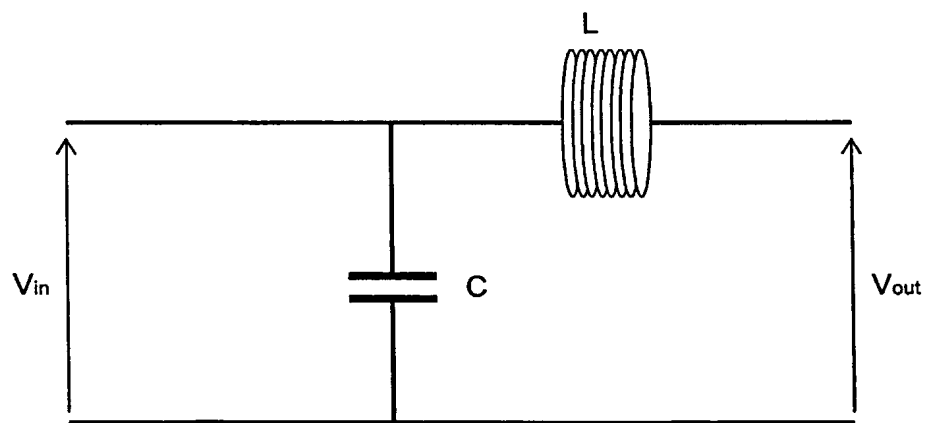
FIG.6FIG.7

5 / 6

FIG.8



6/6

Fig.9Fig.10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/001873

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01F41/00 H03H7/01 H03H7/32 H01Q1/36 H01Q21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01F H01L H01P H01Q H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	EP 0 735 606 A (MURATA MANUFACTURING CO LTD) 2 October 1996 (1996-10-02)  page 7, line 29 - page 8, line 2; figure 1 page 9, line 8 - line 25; figure 2 page 10, line 14 - line 16 page 25, line 29 - line 38 -----	1,3-6,9, 11,18 2,10 14,16, 19,20
X	LEE A E ET AL: "LaAlO3-YBCO multilayers" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. 27, no. 2, March 1991 (1991-03), pages 1365-1368, XP002271949 ISSN: 0018-9464	11-13
Y	the whole document ----- -/--	2,10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 November 2004

Date of mailing of the international search report

26/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/001873

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 455 527 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) 6 November 1991 (1991-11-06)	11
A	page 6, line 6 - page 7, line 19; figures 1B,2,3 -----	1,4,6,9, 10,12,13
A	GB 2 272 111 A (GENERAL ELECTRIC CO) 4 May 1994 (1994-05-04) page 11, line 26 - page 14, line 3; figures 6,7 page 6, line 24 - line 29 -----	1,4,9-11
A	WO 94/13028 A (SUPERCONDUCTING CORE TECHNOLOGIES INC; UNIVERSITY RESEARCH CORP) 9 June 1994 (1994-06-09) page 14, paragraph 4 - page 16, paragraph 3; figure 1 page 19, paragraph 5 - page 21, paragraph 1; figure 6 page 27, paragraph 2 - paragraph 3; figures 23,24 -----	1,14-20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/001873

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0735606	A	02-10-1996	JP 3125618 B2	22-01-2001
			JP 8265008 A	11-10-1996
			CA 2172656 A1	28-09-1996
			CN 1138758 A ,B	25-12-1996
			DE 69618838 D1	14-03-2002
			DE 69618838 T2	20-06-2002
			EP 0735606 A1	02-10-1996
			US 6066598 A	23-05-2000
-----				
EP 0455527	A	06-11-1991	JP 3286601 A	17-12-1991
			CA 2039593 C	03-01-1995
			DE 69114762 D1	04-01-1996
			DE 69114762 T2	27-06-1996
			EP 0455527 A1	06-11-1991
			US 5219827 A	15-06-1993
-----				
GB 2272111	A	04-05-1994	US 5329225 A	12-07-1994
-----				
WO 9413028	A	09-06-1994	US 5472935 A	05-12-1995
			AU 680866 B2	14-08-1997
			AU 5897394 A	22-06-1994
			CA 2150690 A1	09-06-1994
			EP 0672308 A1	20-09-1995
			FI 953834 A	14-08-1995
			JP 8509103 T	24-09-1996
			WO 9413028 A1	09-06-1994
			US 5694134 A	02-12-1997
			US 5721194 A	24-02-1998
			US 5589845 A	31-12-1996
-----				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/001873

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01F41/00 H03H7/01 H03H7/32 H01Q1/36 H01Q21/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01F H01L H01P H01Q H03H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X Y A	EP 0 735 606 A (MURATA MANUFACTURING CO LTD) 2 octobre 1996 (1996-10-02)  page 7, ligne 29 - page 8, ligne 2; figure 1 page 9, ligne 8 - ligne 25; figure 2 page 10, ligne 14 - ligne 16 page 25, ligne 29 - ligne 38 -----	1,3-6,9, 11,18 2,10 14,16, 19,20
X	LEE A E ET AL: "LaA103-YBCO multilayers" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. 27, no. 2, mars 1991 (1991-03), pages 1365-1368, XP002271949 ISSN: 0018-9464	11-13
Y	le document en entier ----- -/--	2,10

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/11/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Köpf, C

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/001873

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 455 527 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) 6 novembre 1991 (1991-11-06)	11
A	page 6, ligne 6 - page 7, ligne 19; figures 1B,2,3 -----	1,4,6,9, 10,12,13
A	GB 2 272 111 A (GENERAL ELECTRIC CO) 4 mai 1994 (1994-05-04) page 11, ligne 26 - page 14, ligne 3; figures 6,7 page 6, ligne 24 - ligne 29 -----	1,4,9-11
A	WO 94/13028 A (SUPERCONDUCTING CORE TECHNOLOGIES INC; UNIVERSITY RESEARCH CORP) 9 juin 1994 (1994-06-09) page 14, alinéa 4 - page 16, alinéa 3; figure 1 page 19, alinéa 5 - page 21, alinéa 1; figure 6 page 27, alinéa 2 - alinéa 3; figures 23,24 -----	1,14-20

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/001873

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0735606	A	02-10-1996	JP	3125618 B2	22-01-2001
			JP	8265008 A	11-10-1996
			CA	2172656 A1	28-09-1996
			CN	1138758 A , B	25-12-1996
			DE	69618838 D1	14-03-2002
			DE	69618838 T2	20-06-2002
			EP	0735606 A1	02-10-1996
			US	6066598 A	23-05-2000
EP 0455527	A	06-11-1991	JP	3286601 A	17-12-1991
			CA	2039593 C	03-01-1995
			DE	69114762 D1	04-01-1996
			DE	69114762 T2	27-06-1996
			EP	0455527 A1	06-11-1991
			US	5219827 A	15-06-1993
GB 2272111	A	04-05-1994	US	5329225 A	12-07-1994
WO 9413028	A	09-06-1994	US	5472935 A	05-12-1995
			AU	680866 B2	14-08-1997
			AU	5897394 A	22-06-1994
			CA	2150690 A1	09-06-1994
			EP	0672308 A1	20-09-1995
			FI	953834 A	14-08-1995
			JP	8509103 T	24-09-1996
			WO	9413028 A1	09-06-1994
			US	5694134 A	02-12-1997
			US	5721194 A	24-02-1998
			US	5589845 A	31-12-1996